

CONECTIVIDAD DEL HABITAT FORESTAL DEL OCELOTE (*Leopardus pardalis*) EN LA SIERRA DE QUILA Y ZONAS ADYACENTES, ESTADO DE JALISCO, MÉXICO

Rosaura AVILA CORIA^a, Raymundo VILLAVICENCIO GARCIA^b,
Miguel Ángel MUÑOZ CASTRO^c y Eduardo TREVIÑO GARZA^d

^aEstudiante de posgrado BIMARENA. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Universidad de Guadalajara (UDG). Camino Ing. Ramón Padilla Sánchez No. 2100 Predio Las Agujas, Zapopan, Jalisco, México email: roxiprec@hotmail.com

^bDepartamento de Producción Forestal, CUCBA-UDG.

^cDepartamento de Botánica y Zoología, CUCBA-UDG.

^dFacultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Carretera Nacional No.85 Km. 145. Linares Nuevo León, México

RESUMEN

La degradación y disminución de los hábitats es considerada como una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad; por el contrario, la conectividad forestal se aprecia como una estrategia de conservación y medida práctica para contrarrestar la fragmentación. Con el objetivo de evaluar la conectividad del hábitat forestal de área protegida "Sierra de Quila" y su zona de influencia como hábitat del ocelote en la región occidente de Jalisco, se utilizó una carta de vegetación y uso del suelo clasificada de una imagen Landsat 8 OLI y se empleó el Índice Integral de Conectividad (IIC) por considerar la estructura del hábitat forestal en el paisaje y su función con base en la dispersión o movimiento de la especie. En el área de estudio se presentan dos regiones adyacentes al área protegida, las cuales disminuyen la calidad de la conectividad del hábitat, la reducción y fragmentación de las coberturas forestales por actividades de uso intensivo como la agricultura son la principal causa. Por lo tanto, se sugiere a nivel municipal en términos de ordenamiento territorial, la restauración y fomento forestal a fin de mejorar la calidad del hábitat y conexión entre parches forestales.

Palabras clave: Conservación, conectividad, corredores, hábitat

ABSTRACT

Degradation and decrease of habitats is considered one of the main causes of biodiversity loss; otherwise, forest connectivity is seen as a conservation strategy and practical way to reduce fragmentation. In order to evaluate the forest connectivity of the protected area "Sierra de Quila" and its influence zone in the western region of Jalisco. It is considering this zone like a habitat to *Leopardus pardalis*. A Landsat 8 OLI image was classified to obtain a vegetation and land use map. The Integrated Connectivity Index (IIC) was used to consider the structure of forest habitat in the landscape and its role based on the dispersion or movement of the specie. In the study area there are two adjacent regions around the protected area, both zones decrease the habitat connectivity quality. It is due reduction and forest fragmentation through intensive activities such as agriculture. It is suggested at the municipal level in terms of land management, restoration and forestry development in order to improve habitat quality and connectivity between forest patches.

Keywords: Conservation, connectivity, corridors, habitat

1 INTRODUCCIÓN

El ocelote (*Leopardus pardalis*) pertenece al conjunto de felinos silvestres que habitan en México; su tamaño es mediano y en el medio natural llega a vivir 10 años (Pérez y Santos, 2015) y hasta 20 en cautiverio (Hunter y Barrett, 2011); su distribución actual va desde el sur de Estados Unidos hasta el norte de Argentina (Pérez y Santos, 2015; Payán y Soto, 2012). En México, la especie abarca desde las planicies costeras del pacífico y del golfo de México hasta la península de Yucatán; su hábitat incluye el bosque espinoso y matorral xerófilo, el bosque mesófilo de montaña y las selvas húmedas y secas (Pérez y Santos, 2015).

Esta especie es un agente importante en la naturaleza como controlador de las poblaciones de las pequeñas y medianas presas de las que se alimenta; el ocelote se encuentra en la categoría de Riesgo Menor en el ámbito internacional (Caso et al. 2008), pero la normatividad mexicana lo ubica en la categoría de peligro de extinción (CONABIO, 2015). Son varias las causas por lo que colocan al ocelote ante esta situación; la principal es la pérdida de hábitat, la cacería ilegal y la disminución de sus presas. La reducción de hábitat coloca en riesgo a las poblaciones de felinos que requieren grandes extensiones para su subsistencia; en el caso de los ocelotes, éstos se desplazan entre 1.9 y 3 kilómetros promedio por día en búsqueda de alimento, pareja y hogar (Pérez y Santos, 2015; Martínez, 2013; Díaz y Payán, 2011 y Ceballos y Oliva, 2005).

La conectividad se define como una propiedad del paisaje que hace posible el flujo de materia, energía y organismos entre diversos ecosistemas, hábitats o comunidades (EUROPARC, 2009), o bien, como el grado en que el paisaje facilita o impide el movimiento entre el recurso existente (Saura et al. 2011); los componentes principales que influyen en la conectividad para una especie, comunidad o proceso ecológico son: la estructura (distribución espacial de tipos diferentes de hábitat en el paisaje) y el componente conductual, esto es, la respuesta conductual de individuos y especies a la estructura física del paisaje, como el

desplazamiento, el requerimiento de hábitat, la tolerancia, la especialización o la dispersión.

Las áreas naturales protegidas son una estrategia más para conservar los ecosistemas representativos y proteger su biodiversidad (Villavicencio et al. 2009); sin embargo, como cualquier otro espacio natural, estas áreas son dinámicas y presentan cambios en mayor o menor grado por diversas circunstancias como por ejemplo, las plagas e incendios forestales, la tala ilícita de la madera, la ganadería extensiva, la cacería furtiva y la expansión urbana. Por consecuencia la fragmentación y pérdida de hábitats aumenta y la conectividad del hábitat forestal disminuye; por esta razón y considerando que la conectividad ecológica es un objetivo primordial en la gestión territorial sostenible, el presente trabajo tiene como propósito determinar el grado de conectividad del hábitat forestal del área protegida Sierra de Quila y su zona adyacente en función al ocelote, considerado para tal estudio como objeto de conservación.

2 MATERIALES Y METODOS

El área de estudio abarca 25 municipios del estado de Jalisco, algunos cubren la totalidad de los mismos y otros sólo abarcan una parcialidad. La superficie total es de 638,953 ha y se encuentra geográficamente entre los paralelos 19°59' 34'' y 20° 35' 40'' latitud N y 104° 30' 33'' y 103° 36' 13'' longitud W (Figura 1). El límite altitudinal varía de 885 a 2902 msnm. La superficie presenta distintas condiciones edáficas, los subtipos de suelo más frecuentes son: Regosol dístico, Feozem háplico, Regosol éutrico, Vertisol pélico, Regosol calcárico, Cambisol crómico, Solonchak gléyico, Litosol, Andosol mólico y Feozem calcárico (CONABIO, 2015). El clima predominante es templado-subhúmedo, cálido-subhúmedo, semiseco-semicálido y semiseco muy cálido, lo que origina la presencia de distintas comunidades vegetales como el bosque de pino-encino, el bosque de encino-pino, el bosque mesófilo de montaña, el bosque de encino, la selva baja caducifolia, el bosque de mezquite y la vegetación halófila e hidrófila; otras coberturas de uso del suelo están representadas por las zonas agrícolas y pastizales inducidos (INEGI, 2015).

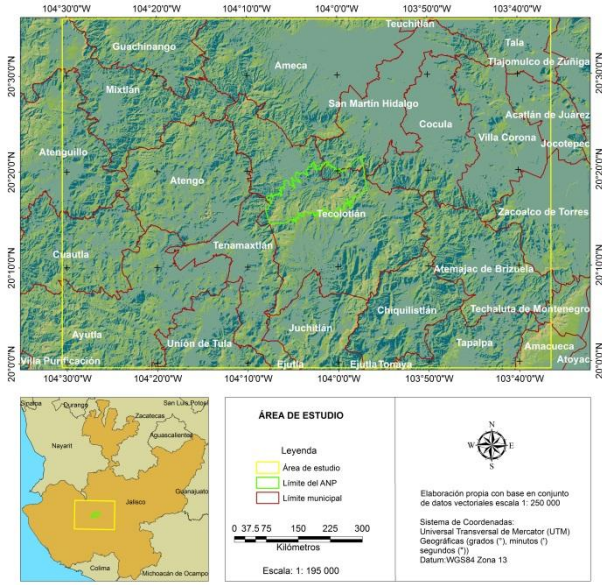


Figura 1. Límite del ANP Sierra de Quila (polígono central en color verde) y zona adyacente (recuadro en color amarillo).

El desarrollo del estudio de la conectividad del hábitat se basa a partir de una carta de vegetación y uso del suelo obtenida de la clasificación supervisada de imágenes satelitales Landsat 8 OLI del 20 y 27 de enero de 2014; se definieron 9 clases de cobertura vegetal y uso del suelo, las cuales conforman el conjunto del paisaje. Todas las coberturas vegetales (bosque de pino-encino, encino-pino, encino y selva baja caducifolia), se reclasificaron en una sola clase considerada como cubierta forestal, la cobertura no forestal corresponde a áreas agrícolas, pastizales, cuerpos de agua, zonas urbanas y áreas sin vegetación aparente. La unidad mínima cartografiable de las áreas o parches de hábitat forestal se determinó en una hectárea.

Para determinar la importancia relativa para el mantenimiento de la conectividad del hábitat forestal para el ocelote (*Leopardus pardalis*), considerado como objeto de conservación, se utilizó el Índice Integral de Conectividad (IIC) del programa Conefor (Saura y Torné, 2009). Este índice basa su función con el uso combinado de Sistemas de Información Geográfica (SIG), estructuras de grafos e índices de disponibilidad de hábitats; además considera el aspecto estructural y

funcional para la conectividad del paisaje, es decir, depende de la distancia de desplazamiento de una especie animal o bien, de la superficie que ocupa como ámbito hogareño (Pascual-Hortal y Saura, 2006); el índice tiene un intervalo entre 0 y 1 e incrementa cuando existe una mejor conectividad. $IIC = 1$ en el caso hipotético que todo el paisaje este ocupado por hábitat. El valor es dado por la ecuación:

$$IIC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{a_i \cdot a_j}{1 + nl_{ij}}}{A_L^2}$$

Donde a_i es el área de cada parche forestal, A_L es el total del “Conjunto del paisaje” y nl_{ij} es el número de enlaces en el camino más corto (distancia topológica) entre los parches forestales i y j . Para parches que no estén conectados (que pertenezcan a diferentes componentes o región conectada) el numerador de la suma de la ecuación es cero ($nl_{ij} = \infty$). Cuando $i = j$, entonces $nl_{ij} = 0$ (no es necesario algún enlace para alcanzar un parche desde si mismo) (Pascual-Hortal y Saura, 2006).

Para calcular la importancia relativa de cada elemento de hábitat ($dIIC$) para el mantenimiento de la conectividad se utilizó la ecuación:

$$dIIC = 100 \cdot \frac{IIC - IIC'}{IIC}$$

Donde IIC y IIC' corresponde al valor de IIC antes y después respectivamente de la pérdida de un cierto elemento de hábitat (parche forestal) (Pascual-Hortal y Saura, 2006).

Se determinó una distancia de desplazamiento de tres kilómetros, atribuyendo esta distancia por la capacidad dispersiva promedio que ocupa un ocelote macho (Pérez y Santos, 2015; Martínez, 2013; Díaz y Payán, 2011 y Ceballos y Oliva, 2005). Para priorizar la caracterización de los elementos de hábitat, se definieron cinco categorías de importancia (muy baja, baja, media, alta y muy alta), cada clase de corte natural (Jenks) está basada en las agrupaciones naturales inherentes a los datos, es decir, en función a la suma acumulada del valor relativo de $dIIC$ de cada parche. Con la cartografía obtenida del análisis de

conectividad se identificarán los elementos de hábitat (parches de la cobertura forestal sin considerar el tipo de vegetación) críticos o prioritarios en base a su importancia para el mantenimiento de la conectividad.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La clasificación supervisada de la imagen satelital (conjunto del paisaje) se sintetizó en dos clases de coberturas: la forestal y la no forestal, las cuales ocupan una superficie de 353,736.4 ha (55.4%) y 285,216.6 ha (44.6%). La distribución espacial del hábitat forestal (2377 parches) se muestra en la figura 2 y su conectividad se clasificó en cinco categorías de importancia, donde una muy alta conectividad forestal se asocia en color verde olivo, alta en verde limón, media en amarillo, baja en naranja y muy baja en rojo, estos últimos son considerados como parches críticos para el mantenimiento de la conectividad de hábitat.

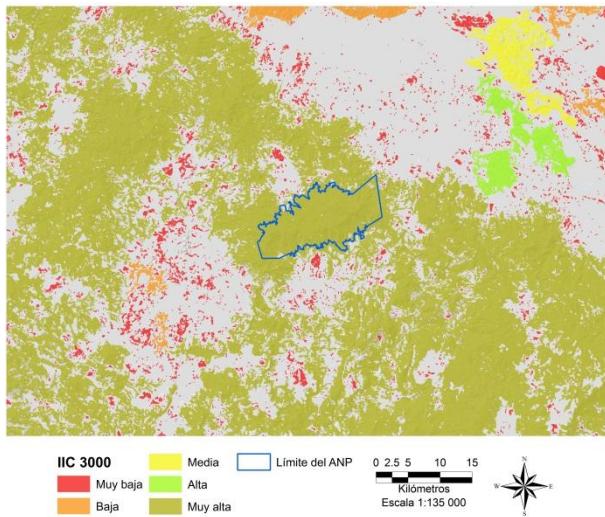


Figura 2. Conjunto del paisaje del ANP Sierra de Quila y zonas adyacentes, representado por la cobertura forestal. El análisis de importancia relativa (IIC acumulado) para el mantenimiento de la conectividad del hábitat asume una distancia de dispersión de 3 km.

El análisis de conectividad se describe con base a la presencia y tamaño de los parches, además de una distancia de desplazamiento de 3 kilómetros relacionado a la especie *Leopardus pardalis*. Como se observa en la figura 2, la mayor extensión de cobertura forestal con muy alta conectividad

(306,676 ha) se identifica en el sistema montañoso entorno al área protegida “Sierra de Quila”, el complejo presentó el 99.5% del valor acumulado de *dIIC*; la distribución espacial del hábitat se orienta en dirección noroeste, hacia el cerro La Tetilla en el municipio de Tecolotlán, está conectada con el complejo cerril de la Sierra Verde en el municipio de Mixtlán; por otra parte, el complejo tiene conexión hacia el sureste en dirección a la Sierra de Tapalpa en los municipios de Atemajac de Brizuela, Chiquilistlán y Tapalpa principalmente.

Del hábitat forestal que conforma el conjunto del paisaje destacan dos regiones que disminuyen la calidad de la conectividad; en la región noreste (Figura 3) orientada hacia otra área protegida (La Primavera), la conectividad de los parches disminuye de más a menos; es decir, los parches de alta conectividad incluyen el cerro La Coronilla en el municipio de Cocula y los cerros Santa Clara, El Salveal y El Timbinal del municipio de Villa Corona. De manera inmediata el complejo cerril Huicicil, Las Tinajas y Montenegro, este último en el municipio de Tala se reduce a un nivel medio; finalmente se sitúan parches remanentes de conectividad baja (cerro El Chivo) y muy baja (cerro Mazatepec) ubicados en los municipios de Acatlán de Juárez y Tala.

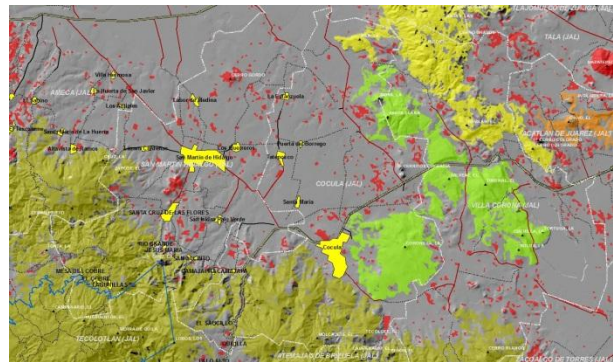


Figura 3. Conjunto del paisaje del ANP Sierra de Quila y zonas adyacentes (región noreste).

La región suroeste al área protegida es en esencia la zona adyacente con la que conecta con la Sierra de Cacoma (Sierra Madre Occidental), sin embargo esta zona presenta en su mayoría parches remanentes de selva baja caducifolia, matorral y vegetación secundaria con un nivel de calidad de

conectividad baja y muy baja, ya que estos se encuentran dispersos en medio de un valle de uso intensivo agropecuario ubicado en los municipios de Atengo, Tenamaxtlán, Unión de Tula y Ayutla (Figura 4).

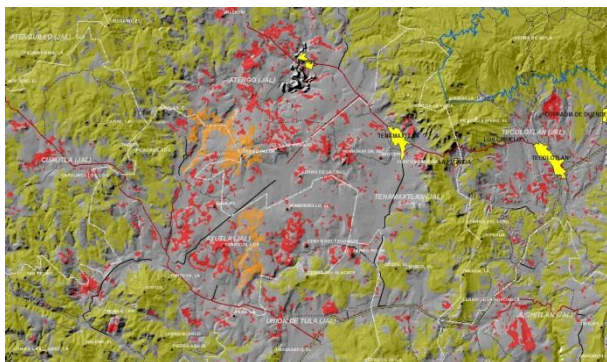


Figura 4. Conjunto del paisaje del ANP Sierra de Quila y zonas adyacentes (región suroeste).

De acuerdo a Payán y Soto (2012), el ocelote habita generalmente en ecosistemas por debajo de los 1,200m. En la Sierra de Quila ha sido registrado por medio de cámaras-trampa por arriba de los 1,900 m, en donde el encinar y bosque de pino-encino predominan, además el patrón de actividad del felino ha demostrado ser preferentemente diurno (Ramírez et al. 2014). Dentro de la superficie que resguarda el conjunto del paisaje del área de estudio, el hábitat forestal para el ocelote mostró de manera general tener una muy alta conectividad. Sin embargo en la parte baja de la sierra, el hábitat forestal se degradada o fragmenta debido a las diversas actividades antropogénicas que ahí se derivan; por lo tanto, la supervivencia de este felino bajo esa condición estará siempre amenazada (Pérez y Santos, 2015; Ramírez et al. 2014; Villavicencio y Santiago, 2013).

4 CONCLUSIONES

Como medida de conservación del hábitat se recomienda a nivel municipal, la restauración y el fomento forestal para mejorar la calidad de los ecosistemas y la conexión entre parches de las dos regiones (noreste y suroeste), ya que fueron las dos áreas que presentaron un mayor déficit de expansión forestal.

La aplicación del índice integral de conectividad aunado a un ambiente SIG, proporcionó un panorama regional de la condición estructural actual del hábitat forestal para el ocelote en la Sierra de Quila y las zonas adyacentes; mismas que pueden ser usadas para guiar los esfuerzos de gobierno no sólo para la gestión y conservación de la especie, sino también para mejorar y mantener la calidad de la conectividad forestal intermunicipal.

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Producción Forestal del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, por facilitarme el espacio de trabajo y logística para llevar a cabo este proyecto de Maestría. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo financiero. Al Comité Regional de Protección, Promoción y Fomento de los Recursos Naturales de la Sierra de Quila, A. C. por las facilidades brindadas durante los trabajos de campo.

LITERATURA CITADA

- Caso, A., López, G. C., Payan, E., Eizirik, E., de Oliveira, T., Leite, P. R. Kelly, M. y Valderrama, C. 2008. *Leopardus pardalis*. La Lista Roja de la UICN de Especies Amenazadas 2008: e.T11509A3287809. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T11509A3287809.en>. (acceso 14 de septiembre 2015).
- Ceballos, G. y Oliva, G. 2005. (Coord.) Los mamíferos silvestres de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)-Fondo de Cultura Económica. México. 115-370 pp.
- CONABIO, 2015. Biodiversidad Mexicana; categorías de riesgo en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/catRiesMexico.html> (acceso 17 de julio de 2015).
- Díaz, P. A. y Payán, G. E. 2011. Densidad de ocelotes (*Leopardus pardalis*) en los llanos colombianos. SAREM, Mastozoología Neotropical. 18(1): 63-71.
- EUROPARC-España. 2009. Conectividad ecológica y áreas protegidas. Herramientas y casos prácticos. Ed. FUNGOBE Madrid. 86 páginas.
- Hunter, L. and Barrett, P. 2011. Carnivores of the world. Princenton University Press. New Jersey. 240 pp.

- INEGI, 2015. Recursos Naturales. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/default.aspx> (acceso 27 de julio de 2015).
- Martínez, H. A. 2013. Patrones de actividad del ocelote (*Leopardus pardalis*) en la reserva de la biosfera Sierra del Abratanchipa, San Luis Potosí, México. Tesis de Maestría, Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo. pp. 72.
- Payán, G. E. y Soto, V. C. 2012. Los Felinos de Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia. 48 pp.
- Pascual-Hortal, L. and S. M. Saura. 2006. Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation. *Landscape Ecology*; 21:959–967
- Pérez, I. G. y Santos, M. A. 2015. El ocelote: el que está marcado con manchas. *CONABIO. Biodiversitas*, 117: 7-5.
- Ramírez, M. M. M., Iñiguez, D. L. I. e Ibarra, L. M. P. 2014. Carnívoros del Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila, Jalisco. *Therya*, Vol. 5 (2): 437-448.
- Saura, S., Estreguil, C., Mouton, C. y Rodríguez, F. M. 2011. Network analysis to assess landscape connectivity trends: Application to European forest (1990-2000). *Ecological Indicators*. 11(2011) 407-416.
- Saura, S. y J. Torné. 2009. Conefor Sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. *Environmental Modelling & Software* 24: 135-139.
- Villavicencio, G. R., Saura, M de T. S., Santiago, P. A. L. y Chávez, H. A. 2009. La conectividad forestal de las áreas protegidas del estado de Jalisco con otros ambientes naturales. *Scientia-CUCBA* 11(1-2):43-50.
- Villavicencio, G. R. y Santiago, P. A. L. 2013. Criterios e indicadores ecológicos útiles en la evaluación del paisaje. En: Salcedo, P. E., Hernández, A. E., Vázquez, G. J. A., Escoto, G. T. y Díaz, E. N. (Coord.) Recursos forestales en el occidente de México. Universidad de Guadalajara. Serie Fronteras de Biodiversidad 4. Tomo II. 598-615 pp.